



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 41 202 C 1

51 Int. Cl. 7:  
G 01 K 7/00  
G 01 K 7/16  
H 01 L 23/58

21 Aktenzeichen: 198 41 202.9-52  
22 Anmeldetag: 9. 9. 1998  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 2. 3. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

DE 198 41 202 C 1

73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Gärtner, Manuel, Dipl.-Ing., 80797 München, DE;  
Hertrich, Helmut, Dipl.-Phys., 85591 Vaterstetten,  
DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

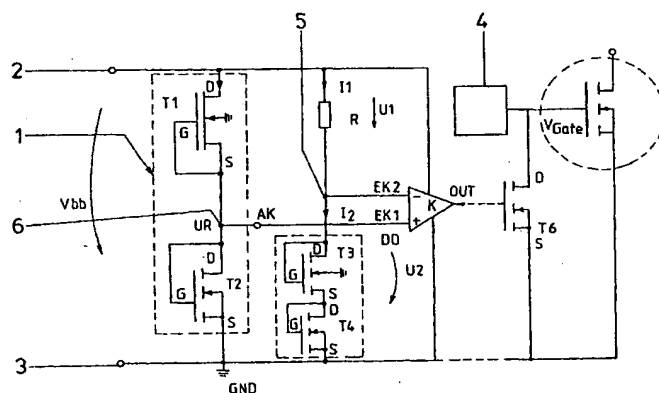
DE 44 37 461 A1  
US 53 36 943  
US 43 31 888

JP 58-208631 (A), In Pat. Abstr. of JP, Vol. 8,  
No. 58, 16. März 1984, P-261;

54 Temperatursensor

57 Temperatursensor zur Temperaturmessung in einem vorgegebenen Temperaturmessbereich, der folgende Merkmale aufweist:

- eine Referenzspannungsquelle (1) mit einer Ausgangsklemme (AK), an der eine Referenzspannung (UR) anliegt und die an eine erste Eingangsklemme (EK1) eines Komparators (K) angeschlossen ist;
- eine zwischen einer ersten und zweiten Versorgungsklemme (2, 3) verschalteten Reihenschaltung eines Halbleiterbauelementes (DD) mit temperaturabhängiger Stromcharakteristik und einem Referenzbauelement (R), wobei an einem dem Halbleiterbauelement (DD) und dem Referenzbauelement (R) gemeinsamen Knoten (5) eine temperaturabhängige Spannung anliegt, die einer zweiten Eingangsklemme (EK2) des Komparators (K) zugeführt ist, wobei die Versorgungsspannung (Vbb) in einem vorgegebenen Versorgungsspannungsbereich einstellbar ist und das Referenzbauelement (R) für einen daraus resultierenden Spannungsbereich einer über dem Referenzbauelement (R) anfallenden Spannung (U2) eine spannungsabhängige Stromcharakteristik aufweist.



DE 198 41 202 C 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Temperatursensor zur Temperaturmessung in einem vorgegebenen Temperaturmessbereich, der folgende Merkmale aufweist:

- eine Referenzspannungsquelle zur Bereitstellung einer Referenzspannung an einer Ausgangsklemme, die an eine erste Eingangsklemme eines Vergleichers angeschlossen ist;
- einer zwischen einer ersten und zweiten Versorgungsklemme verschalteten Reihenschaltung eines Messelementes und eines Referenzbauelements, wobei an einem dem Halbleiterbauelement und dem Referenzbauelement gemeinsamen Knoten eine temperaturabhängige Spannung anliegt, die einer zweiten Eingangsklemme des Vergleichers zugeführt ist.

Derartige, insbesondere integriert hergestellte Temperatursensoren dienen zum Schalten, insbesondere dem Abschalten, von Lasten bei Übersteigen einer vorgebbaren Temperatur. Hierzu werden durch den üblicherweise als Komparator ausgebildeten Vergleich der temperaturabhängigen Spannung und die Referenzspannung miteinander verglichen, wobei am Ausgang des Komparators abhängig davon, ob die temperaturabhängige Spannung die Referenzspannung übersteigt, zwei unterscheidbare Spannungspegel anliegen.

Ein derartiger Temperatursensor ist aus der Offenlegungsschrift DE 44 37 461 A1 bekannt. Die Referenzspannungsquelle ist hierbei als Reihenschaltung zwischen einer ersten Versorgungsklemme und einer zweiten Versorgungsklemme ausgebildet, wobei die Reihenschaltung einen als Stromquelle verschalteten Depletion-FET und einen als Diode verschalteten Enhancement-FET aufweist. Ein dem Depletion-FET und Enhancement-FET gemeinsamer Knoten ist hierbei als Ausgang der Referenzspannungsquelle an eine erste Eingangsklemme des Komparators angeschlossen. Die beiden Transistoren sind bei dem bekannten Temperatursensor so dimensioniert, dass die Referenzspannung in dem zu messenden Temperaturbereich konstant bleibt oder mit steigender Temperatur ansteigt. Das Referenzbauelement ist bei dem bekannten Temperatursensor als Depletion-FET ausgebildet, der als Stromquelle verschaltet ist. Das in Reihe zu dem Referenzbauelement geschaltete Messelement mit temperaturabhängiger Stromcharakteristik ist als Reihenschaltung zweier Enhancement-FET ausgebildet, die jeweils als Diode verschaltet sind. Ein dem Depletion-FET und der Reihenschaltung der Enhancement-FET gemeinsamer Knoten ist an eine zweite Eingangsklemme des Komparators angeschlossen, wobei der als Referenzbauelement dienende Depletion-FET und die zu diesem in Reihe geschalteten Enhancement-FET so aufeinander abgestimmt sind, daß das an diesem Knoten anliegende Potential mit steigender Temperatur abnimmt, um bei Unterschreiten der von der Referenzspannungsquelle gelieferten Referenzspannung einen Wechsel des Spannungspegels am Ausgang des Komparators hervorzurufen.

Die als Schalttemperatur bezeichnete Temperatur, bei der die temperaturabhängige Spannung den Wert der Referenzspannung erreicht, ist bei dem bekannten Temperatursensor ausschließlich durch die Dimensionierung der Bauelemente festgelegt.

In der US 5,336,943 ist eine Schaltungsanordnung zur Temperaturerfassung beschrieben, die den Eingängen eines Komparators die Spannungen zweier Feldeffekttransistoren zuführt, wobei der eine Feldeffekttransistor in einem temperaturabhängigen Bereich und der andere in einem tempera-

turunabhängigen Bereich betrieben wird. Hierdurch soll eine hohe Temperatursensitivität bezweckt werden.

Die US 4,331,888 beschreibt eine Temperatur-Detektions-Anordnung, beispielsweise für einen Branddetektor, die zwei in Stromspiegelkonfiguration verschaltene Bipolartransistoren aufweist. Die beiden Transistoren weisen unterschiedliche thermische Zeitkonstanten auf. Eine Komparatoranordnung mit einem steuerbaren Thyristor gibt beim Überschreiten eines vorbestimmten Temperaturwertes ein Signal ab.

In der JP 58-208631, Patent Abstracts of Japan, Vol. 8, No. 58, March 16, 1984, P-261, wird eine integrierte Schaltungsanordnung beschrieben, die eine Referenzspannungsquelle, bestehend aus zwei seriell verschalteten MOSFETs, und eine aus drei MOSFETs bestehende Reihenschaltung aufweist. Die von der Referenzspannungsquelle und der Reihenschaltung erzeugten, spannungsabhängigen Signale werden einem Komparator zugeführt. Die Schaltschwelle ist durch die Dimensionierung der Halbleiterschalter festgelegt.

Der vorliegenden Erfindung lag nun die Aufgabe zugrunde, einen Temperatursensor zur Verfügung zu stellen, bei dem die Schalttemperatur einstellbar ist.

Diese Aufgabe wird durch einen eingangs genannten Temperatursensor gelöst, bei dem eine zwischen den Versorgungsklemmen anliegende Versorgungsspannung in einem vorgebbaren Spannungsbereich einstellbar ist und bei dem das Referenzbauelement innerhalb eines Spannungsbereiches einer daraus resultierenden über dem Referenzbauelement anfallenden Spannung eine spannungsabhängige Stromcharakteristik aufweist. Das Referenzbauelement liefert einen von dieser Spannung abhängigen Strom an das Halbleiterbauelement.

Variiert bei dem erfindungsgemäßen Temperatursensor die Versorgungsspannung, Variiert auch eine über dem Referenzbauelement anfallende Spannung, die aufgrund der spannungsabhängigen Stromcharakteristik dieses Referenzbauelements eine Änderung des durch das Referenzbauelement fließenden Stromes hervorruft. Diese Änderung des Stromes durch das Referenzbauelement ruft an dem dem Referenzbauelement nachgeschalteten Halbleiterbauelement mit temperaturabhängiger Stromcharakteristik eine Änderung der Spannung über diesem Halbleiterbauelement und damit an dem dem Referenzbauelement und dem Halbleiterbauelement gemeinsamen Knoten hervor. Die an diesem gemeinsamen Knoten anliegende Spannung ist daher neben der Temperatur auch von der Versorgungsspannung abhängig. Hierdurch ergeben sich für unterschiedliche Versorgungsspannungswerte unterschiedliche Temperaturen, bei denen die Spannung an dem dem Halbleiterbauelement und dem Referenzbauelement gemeinsamen Knoten, bzw. an der zweiten Eingangsklemme des Vergleichers den Wert der von der Referenzspannungsquelle gelieferten Referenzspannung über- bzw. unterschreitet. Die Referenzspannungsquelle ist dabei vorzugsweise so dimensioniert, dass sie eine sowohl über dem Temperaturmessbereich als auch über dem Versorgungsspannungsbereich konstante Referenzspannung liefert. Die Schalttemperaturen sind bei dem erfindungsgemäßen Temperatursensor neben der Dimensionierung der Verwendeten Bauelemente damit von der Versorgungsspannung abhängig.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Vorteilhafterweise ist vorgesehen, als Referenzbauelemente ohmsche Widerstände oder sogenannte Dickoxid-Depletion-Transistoren zu verwenden. Bei beiden genannten Bauelementen steigt der durch das Bauelement fließende mit der über dem Bauelement anliegenden Spannung an,

wobei dies für ohmsche Widerstände für nahezu beliebige Spannungen gilt, während die Dickoxid-Depletion-Transistoren zur Verwendung in dem erfindungsgemäßen Temperatursensor so dimensioniert sind, dass ihr Drain-Strom für den variierenden Versorgungsspannungsbereich spannungsabhängig ist und insbesondere mit zunehmender Versorgungsspannung ansteigt.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, das Halbleiterbauelement mit temperaturabhängiger Stromcharakteristik als Diode, vorzugsweise als MOS-Diode auszubilden, wobei MOS-Diode einen als Diode verschalteten MOS-Transistor bezeichnet. Der Begriff "temperaturabhängige Stromcharakteristik" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass bei einer vorgegebenen über dem Bauelement anliegenden Spannung der das Bauelement durchfließende Strom temperaturabhängig ist.

Die Referenzspannungsquelle ist vorzugsweise so ausgestaltet, dass an der mit der ersten Eingangsklemme des Komparator verbundenen Ausgangsklemme eine im Wesentlichen temperaturunabhängige Referenzspannung anliegt. Die Referenzspannungsquelle ist vorzugsweise als Reihenschaltung eines als Stromquelle verschalteten Depletion-FET und eines als Diode verschalteten Enhancement-FET ausgebildet, wobei die Ausgangsklemme an einen dem Depletion-FET und Enhancement-FET gemeinsamen Knoten angeschlossen ist und die Reihenschaltung zwischen die erste und zweite Versorgungsklemme geschaltet ist. Die beiden Transistoren sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass die über der Laststrecke des Enhancement-FET anfallende Spannung für den zu messenden Temperaturbereich im Wesentlichen konstant ist. Man macht sich hierbei zu Nutze, daß der Drain-Strom des als Stromquelle verschalteten Depletion-FET mit steigender Temperatur abnimmt und der Enhancement-FET in Arbeitspunkten betreibbar ist, in dessen die Drain-Source-Spannung bei steigender Temperatur zunimmt. Der Depletion-FET ist weiterhin so dimensioniert, dass der Drain-Strom im Wesentlichen unabhängig von Schwankungen der Versorgungsspannung innerhalb des Versorgungsspannungsbereiches ist. Die Referenzspannungsquelle liefert damit an der Ausgangsklemme eine im Wesentlichen temperaturunabhängige als auch versorgungsspannungsunabhängige Referenzspannung.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** Schaltbild einer Ausführungsform eines Temperatursensors gemäß der Erfindung;

**Fig. 2** Stromcharakteristika eines ohmschen Widerstandes und eines Dickoxid-Depletion-FET als Referenzbauelemente;

**Fig. 3** temperaturabhängige Stromcharakteristik einer MOS-Diode,

**Fig. 4** Herleitung einer an dem gemeinsamen Knoten von Referenzbauelement und Halbleiterbauelement anliegenden Spannung anhand der Stromcharakteristik eines als ohmscher Widerstand ausgebildeten Referenzbauelementes und eines als MOS-Diode ausgebildeten Halbleiterbauelementes für unterschiedliche Versorgungsspannungen und unterschiedliche Temperaturen;

**Fig. 5** Abhängigkeit der Schalttemperatur von der Versorgungsspannung.

In den Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Bauteile mit gleicher Bedeutung.

**Fig. 1** zeigt eine Ausführungsform eines Temperatursensors gemäß der Erfindung zur Temperaturmessung in einem vorgegebenen Temperaturmessbereich. Der Temperatursensor besitzt eine Referenzspannungsquelle 1 mit einer Aus-

gangsklemme AK, die an eine erste Eingangsklemme EK1 eines Vergleichers K angeschlossen ist. Die Referenzspannungsquelle 1 ist als Reihenschaltung eines Depletion-FET T1 mit einem Enhancement-FET T2 ausgebildet und zwischen einer ersten und zweiten Versorgungsklemme 2, 3, 5 zwischen denen eine Versorgungsspannung Vbb anliegt, ausgebildet. Der Depletion-FET T1 ist hierbei als Stromquelle und der Enhancement-FET T2 ist hierbei als Diode verschaltet, das heißt die Gate-Elektrode G des Depletion-FET T1 ist mit dessen Source-Elektrode S verbunden und die Gate-Elektrode G des Enhancement-FET T2 ist mit dessen Drain-Elektrode D verbunden. Die Substrat-Anschlüsse der beiden Transistoren T1, T2 liegen auf dem Potential der zweiten Versorgungsklemme 3, die vorzugsweise an Massepotential GND liegt.

Ein dem Depletion-FET T1 und dem Enhancement-FET T2 gemeinsamer Knoten 6 ist an die Ausgangsklemme AK und damit an die erste Eingangsklemme EK1 des Vergleichers K angeschlossen. Der Depletion-FET T1 besitzt die Eigenschaft, dass sein Drain-Strom über weite Bereiche einer über der Laststrecke D-S anliegende Spannung U3 annähernd konstant ist. Schwankungen der Versorgungsspannung Vbb wirken sich für eine vorgegebene Temperatur innerhalb des Temperaturmessbereiches damit nicht als Änderungen des Drain-Stromes durch den Depletion-FET T1 und des Drain-Stromes durch den Enhancement-FET T2 aus. Die dargestellte Referenzspannungsquelle ist damit weitgehend versorgungsspannungsunabhängig und liefert für den Versorgungsspannungsbereich, in dem die Versorgungsspannung Vbb variieren kann, eine wenigstens annäherungsweise konstante Referenzspannung UR an die Ausgangsklemme AK. Die FET T1, T2 der Referenzspannungsquelle 1 sind vorzugsweise so dimensioniert, dass deren Drain-Source Spannungsabfälle im Temperaturmeßbereich temperaturunabhängig sind.

Parallel zu der Referenzspannungsquelle 1 ist zwischen die Versorgungsklemmen 2, 3 eine Reihenschaltung eines Referenzbauelementes und eines Messelementes mit temperaturabhängiger Stromcharakteristik geschaltet. Das Referenzbauelement ist hierbei als ohmscher Widerstand R, das Messelement als MOS-Diode DD ausgebildet. Ein dem ohmschen Widerstand R und der MOS-Diode DD gemeinsamer Knoten 5 ist an eine zweite Eingangsklemme EK2 des Vergleichers K angeschlossen. An dem Knoten 5 liegt, wie nachfolgend erläutert wird, eine temperaturabhängige Spannung U2 an. Der Vergleichers K ist vorzugsweise als Differenzverstärker oder Komparator ausgebildet. Bei Verwendung eines Komparators liegt abhängig davon, ob die Spannung U2 größer oder kleiner als die Referenzspannung UR ist, der Ausgang OUT des Komparators K auf einem von zwei unterscheidbaren Spannungspegeln. Abhängig davon, welcher Spannungspegel an dem Ausgang OUT des Komparators K anliegt, wird ein dem Komparator K nachgeschalteter Transistor T6 angesteuert, über dessen Laststrecke D-S eine Gate-Elektrode eines Lasttransistors LTR angesteuert wird, um den Lasttransistor LTR zu regeln. Ein Wechsel des Ausgangspegels des Komparators K erfolgt, wenn die Spannung U2 die Referenzspannung UR über- bzw. unterschreitet. Die Temperatur, bei der die Spannung U2 den Wert der Referenzspannung UR annimmt, wird als Schalttemperatur bezeichnet.

Während bei Verwendung eines Komparators als Vergleichers K der Lasttransistor LTR abhängig davon, ob die Schalttemperatur über- oder unterschritten ist, als Schalter funktioniert, besteht bei Verwendung eines Differenzverstärkers als Vergleichers K die Möglichkeit, bei steigender Temperatur die Leitfähigkeit des Lasttransistors LTR zu verringern, um den Laststrom zu verringern und damit die Tem-

peratur zu reduzieren. Die am Ausgang OUT des als Differenzverstärker ausgebildeten Vergleichers K ist abhängig von der Differenz zwischen der Spannung  $U_2$  und der Referenzspannung  $U_R$ .

Reduziert sich diese Differenz, steigt also die Temperatur und damit die Spannung  $U_2$ , steigt die am Ausgang OUT anliegende Spannung, um die Leitfähigkeit des Transistors T6 zu verringern und damit die Leitfähigkeit des Lasttransistors und des Laststrom zu reduzieren.

Dies ermöglicht eine analoge Regelung des durch den Lasttransistor fließenden Stromes in Abhängigkeit der Temperatur.

Diese Schalttemperatur ist bei dem Temperatursensor neben der Dimensionierung der bereits beschriebenen Bauelemente von der Versorgungsspannung  $V_{bb}$  abhängig. Dieser Zusammenhang wird nachfolgend anhand der Fig. 2 bis 5 erläutert.

Fig. 2 zeigt die Stromcharakteristik des Referenzbauelementes. Hierzu sind für verschiedene Referenzbauelemente der Strom  $I_1$  über der an dem Referenzbauelement anliegenden Spannung  $U_1$  aufgetragen. Die Kurve 30 zeigt dabei die Stromcharakteristik eines ohmschen Widerstandes, bei dem der Strom  $I_1$  proportional zur Spannung  $U_1$  ist. In Kurve 20 ist die Stromcharakteristik eines Dickoxid-Depletion-FET aufgetragen, bei dem der Strom ausgehend von  $U_1 = 0$  zunächst steil und dann langsamer werdend ansteigt. Sowohl ein Dickoxid-Depletion-FET als auch ein ohmscher Widerstand sind damit als Referenzbauelement mit spannungsabhängiger Stromcharakteristik geeignet. Für die Verwendung eines Dickoxid-Depletion-FET ist dabei darauf zu achten, dass dieser so dimensioniert ist, dass durch Schwankungen der Versorgungsspannung  $V_{bb}$  eine Spannung  $U_1$  über dem Dickoxid-Depletion-FET anfällt, bei der dieser noch nicht in Sättigung ist, bei der der Strom  $I_1$  also mit zunehmender Spannung  $U_1$  noch ansteigt.

Zum Vergleich ist in Fig. 2 als Kurve 10 die Ausgangskennlinie eines als Stromquelle verschalteten Depletion-FET eingezeichnet, bei dem der Strom  $I_1$  zunächst bei steigender Spannung  $U_1$  schnell ansteigt und dann im Wesentlichen spannungsunabhängig verläuft.

Für die Verwendung des als Stromquelle verschalteten Depletion-FET T1 in der Referenzspannungsquelle 1 bedeutet dies, dass der Depletion-FET für einen weiten Bereich der über ihm anfallenden Spannung einen annäherungsweise konstanten Strom durch die Reihenschaltung aus Depletion-FET T1 und Enhancement-FET T2 hervorruft. Der als Stromquelle verschaltete Depletion-FET T1 macht die Referenzspannungsquelle 1 damit weitgehend unabhängig von Schwankungen der Versorgungsspannung  $V_{bb}$ .

In Fig. 2 sind für zwei unterschiedliche Spannungen  $U_{11}$ ,  $U_{12}$  mit R1, R2 die Arbeitspunkte eines ohmschen Widerstandes als Referenzbauelement, mit D1, D2 die Arbeitspunkte eines Dickoxid-Depletion-FET als Referenzbauelement eingezeichnet. Anhand der in den einzelnen Arbeitspunkten durch die Referenzbauelemente fließenden Ströme  $I_{R1}$ ,  $I_{R2}$  und  $I_{D1}$ ,  $I_{D2}$  wird deutlich, dass der durch das Referenzbauelement fließende Strom mit zunehmender Spannung ansteigt. Im Vergleich dazu ergibt sich für zwei Arbeitspunkte M1, M2 eines Depletion-FET ein im Wesentlichen gleicher Strom.

Fig. 3 zeigt die Stromcharakteristik einer MOS-Diode DD, die als Enhancement-FET ausgebildet ist, dessen Gate-Elektrode mit der Drain-Elektrode verbunden ist, bei dem also die Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  gleich der Gate-Source-Spannung  $U_{GS}$  ist. Die Kennlinie der MOS-Diode DD ist für zwei unterschiedliche Temperaturen TMP1 und TMP2 dargestellt, wobei  $TMP2 > TMP1$  ist. Die Kennlinien der MOS-Diode DD für verschiedene Temperaturen TMP1

und TMP2 schneiden sich in einem gemeinsamen Arbeitspunkt S, in dem der durch die MOS-Diode fließende Drain-Strom  $I_S$  bzw. die über der MOS-Diode anfallende Drain-Source-Spannung  $U_S$  temperaturunabhängig ist. Für Arbeitspunkte oberhalb des Arbeitspunktes S, also für Ströme  $I > I_S$  steigt die Ausgangsspannung mit zunehmender Temperatur, während sie für Arbeitspunkte unterhalb des Arbeitspunkts S mit steigender Temperatur abnimmt. Für Arbeitspunkte AP1 und AP2 oberhalb des Arbeitspunktes S bleibt die Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  der MOS-Diode konstant, wenn der Drain-Strom  $I$  mit steigender Temperatur vom Wert  $I_{AP1}$  auf den Wert  $I_{AP2}$  reduziert wird. Dies kann durch eine in Reihe zu der MOS-Diode geschalteten temperaturabhängige Stromquelle erreicht werden, wie dies in Fig. 1 für die Referenzspannungsquelle 1 gezeigt ist, bei der ein als Stromquelle verschalteter Depletion-FET T1 als Stromquelle dient. Der Strom durch den Depletion-FET T1 ist temperaturabhängig und sinkt mit steigender Temperatur.

Der Depletion-FET T1 und der Enhancement-FET T2 der Referenzspannungsquelle 1 können so aufeinander abgestimmt werden, daß sich für den zu messenden Temperaturbereich nur solche Arbeitspunkte des Enhancement-FET T2 ergeben, in denen die Drain-Source-Spannung wenigstens annäherungsweise konstant ist, um eine wenigstens annäherungsweise konstante Referenzspannung  $U_R$  zu erzeugen.

Die sich an der zweiten Eingangsklemme EK2 des Komparators K einstellende Spannung  $U_2$  wird für unterschiedliche Temperaturen und unterschiedliche Versorgungsspannungen im Folgenden anhand der Fig. 4 beispielhaft hergeleitet. Hierzu sind zum einen die aus Fig. 3 bekannten Kennlinien der MOS-Diode für unterschiedliche Temperaturen TMP1, TMP2 aufgetragen. Als Referenzbauelement wird ein ohmscher Widerstand R vom Wert  $R_0$  angenommen. Der die MOS-Diode DD durchfließende Strom  $I_2$  fließt zwingend auch durch den ohmschen Widerstand R, wobei die Summe der über dem ohmschen Widerstand anfallenden Spannung  $U_1$  und der über der MOS-Diode DD anfallenden Spannung  $U_2$  die Versorgungsspannung  $V_{bb}$  ergibt. Dies berücksichtigt ergeben sich für den Strom  $I_1$  durch den ohmschen Widerstand R in Abhängigkeit von der über der MOS-Diode DD anfallenden Spannung  $U_2$  für unterschiedliche Versorgungsspannungen  $V_1$  und  $V_2$  die beiden in Fig. 4 mit den Bezugszeichen 40 und 50 gekennzeichneten Kurven. Die Schnittpunkte dieser Kurven 40, 50 mit den Kennlinien der MOS-Diode DD repräsentieren dabei die Arbeitspunkte A, B, C, D der MOS-Diode DD für unterschiedliche Versorgungsspannung  $V_{bb} = U_1$ ,  $V_{bb} = U_2$  und Temperaturen  $T = TMP1$ ,  $T = TMP2$ . Der Versorgungsspannungsbereich und der Widerstandswert  $R_0$  sind dabei so gewählt, daß sich für die zu messenden Temperaturen Arbeitspunkte der MOS-Diode ergeben, die unterhalb des Arbeitspunktes S liegen, so daß die Spannung  $U_2$  mit steigender Temperatur abnimmt. In den Arbeitspunkten A, B, C, D der MOS-Diode DD ergibt sich für eine Versorgungsspannung  $V_{bb} = V_1$  und eine Temperatur  $T = TMP1$  eine Spannung  $U_2 = U_{2A}$ , für eine Versorgungsspannung  $V_{bb} = V_1$  und eine Temperatur  $T = TMP2$  eine Spannung  $U_2 = U_{2B}$ , für eine Versorgungsspannung  $V_{bb} = V_2$  und eine Temperatur  $T = T_1$  eine Spannung  $U_2 = U_{2C}$  und für eine Versorgungsspannung  $V_{bb} = V_2$  und eine Temperatur  $T = T_2$  eine Spannung  $U_2 = U_{2D}$ . Die sich an der zweiten Eingangsklemme EK2 des Komparators K einstellende Spannung  $U_2$  hängt, wie aus Fig. 4 hervorgeht, sowohl von der Temperatur als auch von der Versorgungsspannung  $V_{bb}$  ab. Für das dargestellte Ausführungsbeispiel sinkt diese Spannung zum einen mit steigender Temperatur als auch mit sinkender Versorgungsspannung.

Fig. 5 zeigt den Verlauf der Spannung  $U_2$  in Abhängig-

keit von der Temperatur T für zwei verschiedene Versorgungsspannungen  $V_{bb} = V_1$  und  $V_{bb} = V_2$ , die man dadurch erhält, dass für eine Vielzahl unterschiedlicher Temperaturen beispielsweise anhand einer Grafik gemäß Fig. 4 die sich einstellenden Spannungen U2 für die zwei unterschiedliche Versorgungsspannungen ermittelt und aufgetragen werden. In Fig. 5 ist ferner der Wert der Referenzspannung UR aufgetragen, der in dem interessierenden Temperaturbereich als konstant angenommen wird. Die Kurve für die Spannung U2 bei  $V_{bb} = V_1$  ist in Fig. 5 mit dem Bezugszeichen 60, die Kurve für U2 bei  $V_{bb} = V_2$  mit dem Bezugszeichen 70 bezeichnet. Die Punkte, in denen die Kurven 60, 70 die Kurve für die Referenzspannung UR schneiden, werden als Schalttemperaturen bezeichnet, wobei aus Fig. 5 ersichtlich ist, dass diese Schalttemperaturen von der Versorgungsspannung  $V_{bb}$  abhängig sind. Für das angegebene Ausführungsbeispiel sinken die Schalttemperaturen mit sinkender Versorgungsspannung. Für eine Versorgungsspannung  $V_{bb} = V_2$  ergibt sich eine Schalttemperatur TS2, die kleiner als eine Schalttemperatur TS1 für eine Versorgungsspannung  $V_{bb} = V_1$  ist.

Die MOS-Diode DD ist vorzugsweise als Reihenschaltung eines zweiten Enhancement-FET T3 mit einem dritten Enhancement-FET T4 ausgebildet, die jeweils als Dioden verschaltet sind. Die Gate-Elektroden der Enhancement-FET T3, T4 sind hierzu mit deren Drain-Elektroden verbunden.

Der Temperatursensor, der vorzugsweise als integrierte Schaltung realisiert ist, ermöglicht neben der Temperaturmessung in einem Bauteil auch eine Einstellung der Schalttemperatur mittels der Versorgungsspannung.

#### Patentansprüche

1. Temperatursensor zur Temperaturmessung in einem vorgegebenen Temperaturmessbereich, der folgende Merkmale aufweist:
  - eine Referenzspannungsquelle (1) mit einer Ausgangsklemme (AK), an der eine Referenzspannung (UR) anliegt und die an eine erste Eingangsklemme (EK1) eines Vergleichers (K) angeschlossen ist;
  - eine zwischen einer ersten und zweiten Versorgungsklemme (2, 3) verschaltete Reihenschaltung eines Messelementes (DD) und eines Referenzbauelementes (R), wobei an einem dem Messelement (DD) und dem Referenzbauelement (R) gemeinsamen Knoten (5) eine temperaturabhängige Spannung anliegt, die einer zweiten Eingangsklemme (EK2) des Vergleichers (K) zugeführt ist;
 dadurch gekennzeichnet, dass die Versorgungsspannung ( $V_{bb}$ ) in einem vorgegebenen Versorgungsspannungsbereich einstellbar ist und dass das Referenzbauelement (R) für einen daraus resultierenden Spannungsbereich einer über dem Referenzbauelement (R) anfallenden Spannung (U2) eine spannungsabhängige Stromcharakteristik aufweist.
2. Temperatursensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzbauelement (R) ein ohmscher Widerstand ist.
3. Temperatursensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzbauelement (R) ein Dickoxid-Depletion Transistor ist.
4. Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Messelement (DD) eine Diode, insbesondere ein als Diode verschalteter MOS-Transistor, ist.
5. Temperatursensor nach Anspruch 4, dadurch ge-

kennzeichnet, dass das Messelement (DD) aus der Reihenschaltung von mindestens zwei jeweils als Dioden geschalteten MOS-Transistoren gebildet ist.

6. Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die an der Ausgangsklemme (AK) der Referenzspannungsquelle (1) anliegende Referenzspannung (UR) innerhalb des Temperaturmessbereiches temperaturunabhängig ist und innerhalb des Versorgungsspannungsbereiches versorgungsspannungsunabhängig ist.

7. Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzspannungsquelle (1) zwischen der ersten und zweiten Versorgungsklemme (2, 3) verschaltet ist und eine Reihenschaltung eines als Stromquelle verschalteten Depletion-FET (T1) mit einem als Diode verschalteten Enhancement-FET (T2) aufweist, wobei ein gemeinsamer Knoten (6) des Depletion-FET (T1) und des Enhancement-FET (T2) an die Ausgangsklemme (AK) angeschlossen ist.

8. Temperatursensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Depletion-FET (T1) und der Enhancement-FET (T2) so aufeinander abgestimmt sind, daß die über dem Enhancement-FET (T2) anfallende Spannung (UR) in dem Temperaturmeßbereich nicht zunimmt.

9. Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichs (K) ein Differenzverstärker ist.

10. Temperatursensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichs (K) ein Komparator ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

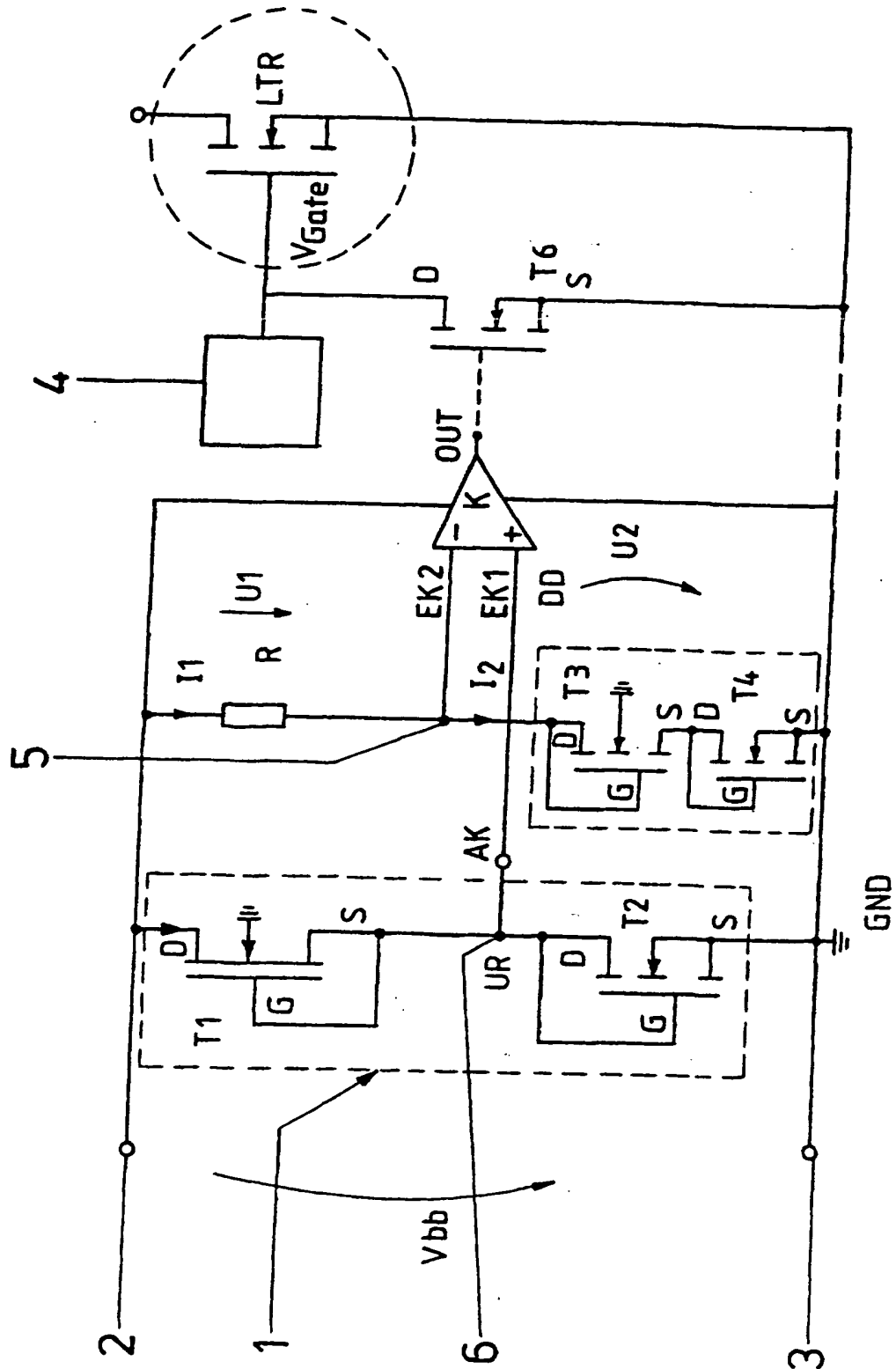


FIG 2

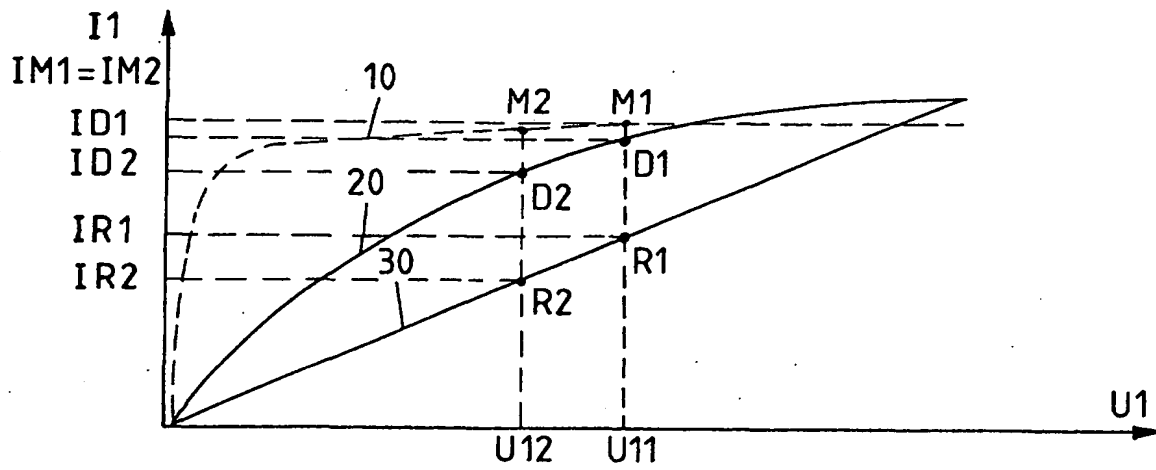


FIG 3

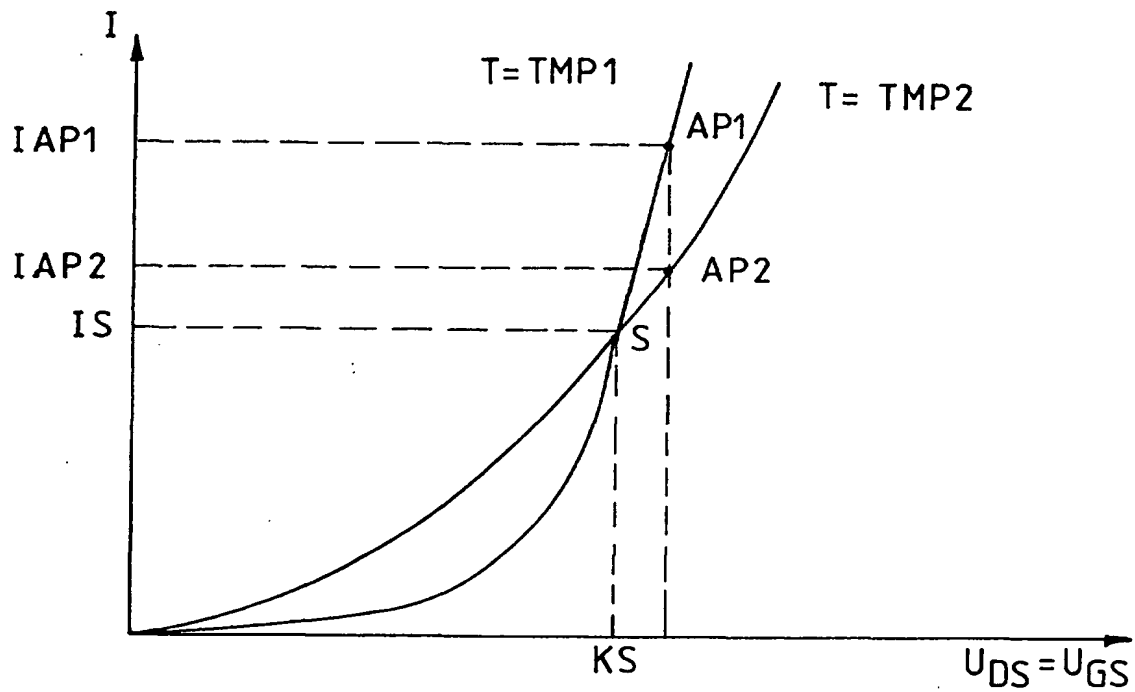


FIG 4

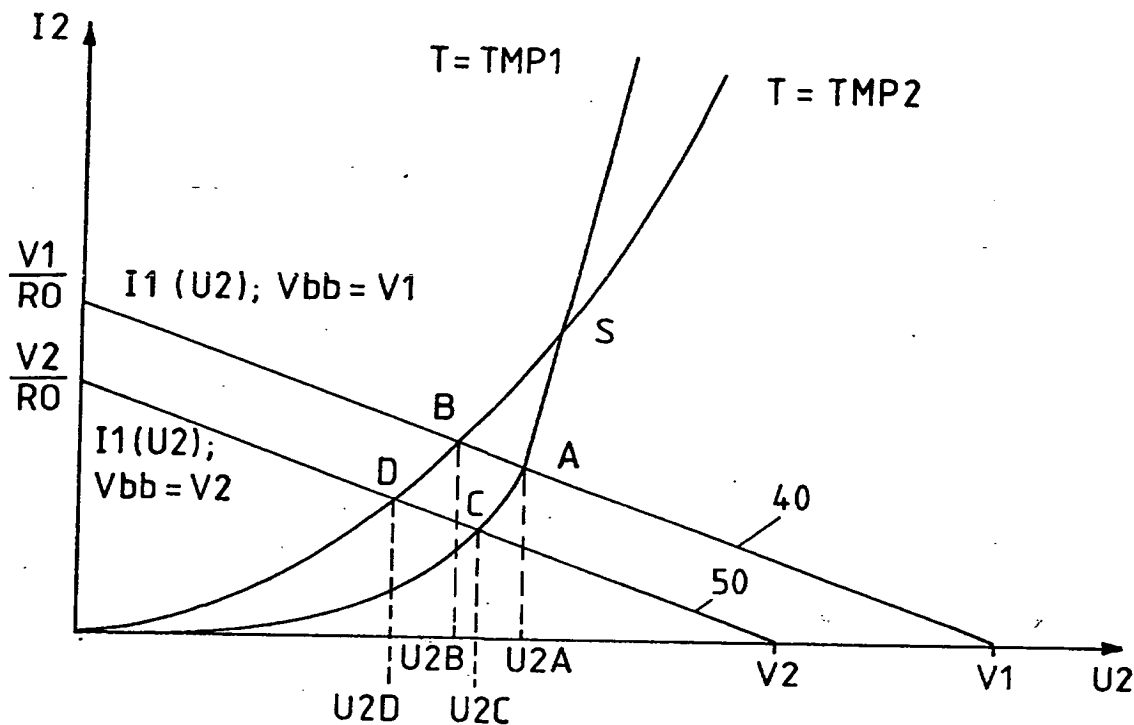
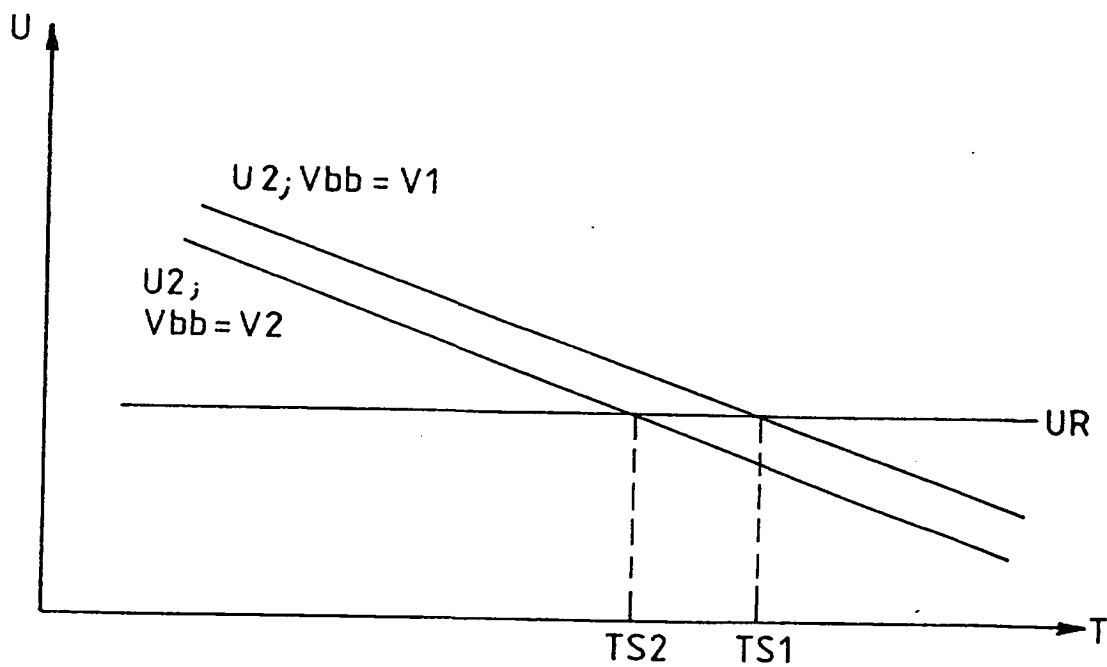


FIG 5



Docket # PEK-In 1163D

Applic. # 10/751,316

Applicant: Gärtner et al.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101